

# (54) CALIBRATING METHOD FOR SURFACE TEMPERATURE OF STEEL PLATE

(11) 57-101727 (A) (43) 24.6.1982 (19) JP

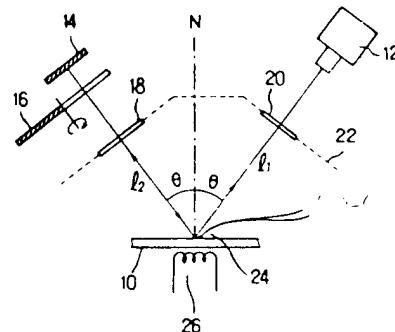
(21) Appl. No. 55-178558 (22) 17.12.1980

(71) SHIN NIPPON SEITETSU K.K. (72) TOORU INOUCHI(1)

(51) Int. Cl. G01J5/52

**PURPOSE:** To make it possible to accurately calibrate a value of temperature obtained by a thermocouple, by seeking a radiation energy from a steel plate at the time when a difference, which is obtained by subtracting an amount of direct incidence from a sum of an amount of direct incident to a radiometer and an amount of incidence after reflection on a mirror surface, takes the maximum value, and then, by obtaining a real steel plate surface temperature by using a prescribed equation.

**CONSTITUTION:** A radiometer 12 and a reflector 14 are arranged on a heated steel plate 10, which is an object of temperature measurement, in such a manner that energy radiated from the steel plate enters the radiometer directly and also indirectly after reflecting upon the reflector and surface of the object. By measuring  $E_1$ , which is the radiation energy, and  $E_2$ , which is a sum of the  $E_1$  and a radiation energy entering after the reflections, and also by changing the rate of radiation from the steel plate surface while keeping the steel plate temperature constant, the radiating energy  $E$ , at the time when a difference  $\Delta E = E_2 - E_1$  is the maximum is sought, and by using a relative equation  $E_b T = 2/r \cdot E_1$  ( $r$  in the equation signifies permeability of filters 18 and 20) between the value  $E_1$  and a blackbody radiating energy, a surface temperature  $T$  of the steel plate is sought. And, a thermocouple 24 is installed in the neighborhood of the steel plate temperature measuring section to obtain an indicative temperature  $T$ , and a temperature  $T_a$  is calibrated by the temperature  $T$ .



⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭57—101727

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 01 J 5/52

識別記号

庁内整理番号  
7172—2G

⑭ 公開 昭和57年(1982)6月24日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 4 頁)

⑮ 鋼板表面温度の校正法

⑯ 発明者 田中富三男

川崎市中原区井田三舞町64

⑰ 特 願 昭55—178558

⑰ 出 願 人 新日本製鐵株式会社

⑱ 出 願 昭55(1980)12月17日

東京都千代田区大手町2丁目6

⑲ 発 明 者 井内徹

番3号

川崎市中原区井田三舞町64

⑳ 代 理 人 弁理士 青柳稔

明 細 書

1 発明の名称

鋼板表面温度の校正法

2 特許請求の範囲

加熱鋼板上に放射計と反射鏡を、該鋼板から放出される放射エネルギーが直接、及び該反射鏡と物体表面で鏡面反射したのち該放射計に入射するように配置して、前記直接入射する放射エネルギー  $E_1$  および反射後入射する放射エネルギーと前記放射エネルギー  $E_1$  との和  $E_2$  を測定し、該鋼板の温度を一定にしたまゝ鋼板表面の放射率を変えて差  $\Delta E = E_2 - E_1$  が最大になるときの放射エネルギー  $E_1$  を求め、その値  $E_1^*$  と黒体放射エネルギーとの関係式  $E_b(T) = \frac{2}{\pi} \cdot E_1^*$  を用いて該鋼板の表面温度  $T$  を求め、また熱電対を該鋼板測定部近傍に設置してその指示温度  $T_a$  を得、該温度  $T_a$  を前記温度  $T$  で校正することを特徴とした、熱電対で測定した鋼板表面温度の校正法。

3 発明の詳細な説明

本発明は、熱電対で測定した鋼板表面温度の校

正法に関する。

鋼板表面温度の測定には熱電対が広く用いられている。熱電対による測温は勿論接触式であり、移動鋼板表面の測温には放射測温などの非接触型が好ましいが、放射測温計の校正には熱電対を使用するのが普通である。ところてかゝる熱電対ではあるが、これで測定した加熱鋼板表面温度は真温度よりやや低い温度を示し、該測定温度で放射測温計を校正すると誤った校正が行なわれてしまう。

熱電対による鋼板表面温度測定結果が真温度より低い値を示す理由には鋼板表面より熱電対温度計への熱の流失が考えられるが、これを避けるには非接触測温が好ましい。温度  $T$  の物体は  $E_1 = \epsilon E_b(T)$  なる放射エネルギー  $E_1$  を放出するからこれを測定し、例えばウィーンの公式  $E_b(T) = C_1 \lambda^{-5} \exp(-C_2/\lambda \cdot T)$  を使用すれば物体温度  $T$  が求まり、これが放射測温の原理であるが、被測温物体表面の放射率  $\epsilon$  は一般には未知であるという問題がある。この未知の放射率  $\epsilon$  は黒体炉を使用して、被測温

物体表面からの放射エネルギー $E_1$ と、黒体炉からの放射エネルギーを該物体表面に当てその反射した放射エネルギーと前記放射エネルギー $E_1$ との和 $E_2$ を測定してこれらより該 $\varepsilon$ を求め、延いては物体温度 $T$ を求めるといふ方法を本発明者等が開発したが、この方法でも厳密には、黒体炉からの放射エネルギーが物体表面で反射する割合を表わす拡散反射係数が未知である(従って推定値使用)という問題がある。

本発明は適当な操作により放射率 $\varepsilon$ を除去し得て $E_b(T)$ を測定でき、これより真の温度 $T$ を求め得る温度計測値を校正できる方法を提案するものである。この方法によると前記の拡散反射係数も同時に測定することができる。次に実施例を参照しながらこれを説明する。

第1図で10は被測測物体、具体的には加熱銅板であり、12は放射計、14は反射鏡、16は回転セクタ、18、20は炉壁22の放射線通路に設けた透過窓(フィルタ)である。これらの部材14、16、18と20、12は測温点0に立

てた法線 $N$ に関して等角度 $\theta$ 、つまり鏡面反射の入射光および反射光の通路上に配置される。24は測温点0の近傍に取付けた熱電対、26はヒータである。

この測温系では銅板10から放出された放射エネルギーがフィルタ20を通して放射計12に入り、またフィルタ18を通して反射鏡14へ入り、こゝで反射されて同じ路を戻り、銅板表面で反射してフィルタ20経由で放射計12へ入る。これらの放射エネルギーの通路 $L_1$ 、 $L_2$ は鏡面反射関係にある、つまり法線 $N$ となす角 $\theta$ が等しい。放射エネルギーも反射に関しては光と同様な特性を持つので放射計12に入る放射エネルギーは通路 $L_1$ 、 $L_2$ を通るもののみであり、これはノイズ遮蔽に有効である。即ち炉壁22は温度が高いと無視できない放射エネルギーを放出し、これが銅板10で反射して放射計12に入る恐れがあるので、測定銅板に比べて充分低温にして、炉壁からの放射エネルギーが無視できるようにしておく。勿論、反射鏡14が放出する放射エネルギーは放射計12へ入り得る

から、該反射鏡14も充分低温にしてそれよりの放射エネルギーは無視できるようにしておく。回転セクタ16は放射エネルギーを通過させる部分例えば開口と、該放射エネルギーを通さない部分例えば放射エネルギー完全吸収面とを持っており、これらが交互に通路 $L_2$ 上に来るように回転する。この回転セクタも、それ自身は放射エネルギーを放出しないように充分低温にしておく。

かゝる測定系においては銅板表面の真温度を $T$ 、放射率を $\varepsilon$ 、拡散反射係数を $p$ 、反射鏡14の放射率を $r_a$ 、フィルタ18、20の透過率を $\tau$ 、回転セクタ16が光路を閉じたときの放射計12の受光エネルギーを $E_1$ 、光路を開いたときのそれを $E_2$ とすると、次式が成立する。

$$E_1 = \tau \cdot \varepsilon \cdot E_b(T) \quad \text{----- (1)}$$

$$E_2 = \tau \cdot \varepsilon \cdot E_b(T) + \tau^2 r_a (1-p) \cdot \varepsilon \cdot (1-\varepsilon) E_b(T) \quad \text{--- (2)}$$

この(1)、(2)で未知数は $\varepsilon$ 、 $E_b(T)$ 、および $p$ であり、従ってこのまゝでは(1)、(2)式は解けない。そこで、今、両式の差を $\Delta E$ とすると、

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

$$\begin{aligned} &= \tau^2 \cdot r_a (1-p) \cdot \varepsilon \cdot (1-\varepsilon) E_b(T) \\ &= \tau^2 \cdot r_a (1-p) \cdot \frac{E_1}{\tau E_b(T)} \cdot \left(1 - \frac{E_1}{\tau E_b(T)}\right) E_b(T) \\ &= \frac{\tau \cdot r_a (1-p)}{E_b(T)} \cdot E_1 (\tau \cdot E_b(T) - E_1) \\ &= \frac{\tau \cdot r_a (1-p)}{E_b(T)} \left\{ -\left(E_1 - \frac{1}{2} \tau \cdot E_b(T)\right)^2 + \frac{1}{4} \cdot \tau^2 \cdot E_b(T)^2 \right\} \quad \text{--- (3)} \end{aligned}$$

となり、この(3)式は温度 $T$ が一定なら $E_1 = \tau \cdot E_b(T)$  / 2 において最大となる。このときの $E_1$ 、 $\Delta E$ の値を $E_1^*$ 、 $\Delta E^*$ とすれば、

$$E_1^* = \frac{1}{2} \tau \cdot E_b(T) \quad \text{----- (4)}$$

$$\Delta E^* = \frac{1}{4} \tau^2 \cdot r_a (1-p) \cdot E_b(T) \quad \text{----- (5)}$$

であり、これらの(4)、(5)式から次式が求まる。

$$E_b(T) = \frac{2}{\tau} E_1^* \quad \text{----- (6)}$$

$$p = 1 - \frac{2}{\tau^2 r_a} \cdot \frac{\Delta E^*}{E_1^*} \quad \text{----- (7)}$$

この(6)式を用いて $E_1^*$ 、 $\tau$ から $E_b(T)$ を知り、延いては銅板表面温度 $T$ を求めることができる。また(7)式を用いて $\Delta E^*$ 、 $E_1^*$ 、 $\tau$ 、 $r_a$ より拡散反射係数 $p$ を求めることができる。

$\Delta E$  の最大値は比較的簡単に実測できる。即ち鉛板周囲の雰囲気を変元性としておくと冷延鉛板などは鏡面を保ち、次いで酸化性雰囲気に変えてゆくと該鉛板表面は酸化してブルーイングし(暗くなり)、放射率は0.25~0.85程度の範囲で変る。これに伴って放射計の受光エネルギー $E_1, E_2$ は第2図に示すように変化する。炉内雰囲気を適当な濃さで還元性から酸化性に変え、この間に回転セクタ16を回転させて多数の $E_1, E_2$ を求めてそれらをプロットすると第2図が画け、これより $\Delta E = E_2 - E_1$  の最大値は容易に求まる。この最大値を $\varepsilon = 0.5$  のときに生じる。即ち前述の $\Delta E$ を最大にする条件 $E_1 = r \cdot E_b(T)/2$ とは(1)式から明らかなように $\varepsilon = 0.5$ ということに外ならない。

測定値を多数求めれば第2図のグラフから可成り正確に $\Delta E$ の最大値を求めることができるが測定値は比較的少数にして演算処理により最大値を求めるようにしてもよい。

第3図は第2図を $E_1 - \Delta E$ の關係に置き換え、 $\Delta E$ の変化を分り易く示したものである。この図

定中は鉛板温度一定にする必要があるが、これは熱電対の指示温度 $T_a$ を指標としてこれが一定になるようにヒータ26を通電制御することで実行できる。ちなみに該温度 $T_a$ は真の温度ではないが、このことは鉛板温度一定制御に何ら支障を与えるものではない。

第4図は(7)式で求めた $E_b(T)$ より $T$ を求める要領を示す。これは前述の公式を解いてもよいが、煩雑であるから、一般には予め $E(b) - T$ 曲線 $C_1$ を作成しておき、これより真温度 $T$ を求める。

第5図は校正要領を示す。前述の真温度 $T$ の測定を、鉛板温度を変えて種々実行し、 $T_a - T$ の曲線 $C_2$ を求める。若し $T_a = T$ ならばこの曲線 $C_2$ は45°斜線 $C_3$ になるが、一般には曲線 $C_2$ の上に来るつまり $T > T_a$ である。この曲線 $C_2$ は求める校正曲線であり、この曲線を使用して熱電対測定値 $T_a$ より真温度 $T$ を求める。こうして校正される熱電対はまた実炉における放射計の校正に使用する。但し、この校正曲線は鉛板の厚み測定部(熱容量)によって変わることがあるので、対象鉛板に合せた

何種類かの校正曲線を用意しておく。

以上説明したように本発明によれば、放射率、拡散反射係数などに思わされずに正確な鉛板表面温度を放射測定でき、これより熱電対の指示値を校正して該熱電対による正確な鉛板表面温度測定が可能になる利点を得られる。

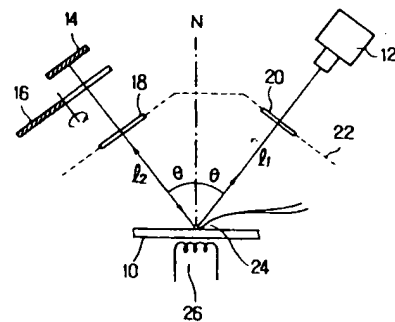
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の原理を説明する図、第2図~第5図は各種変数間の關係を示すグラフである。

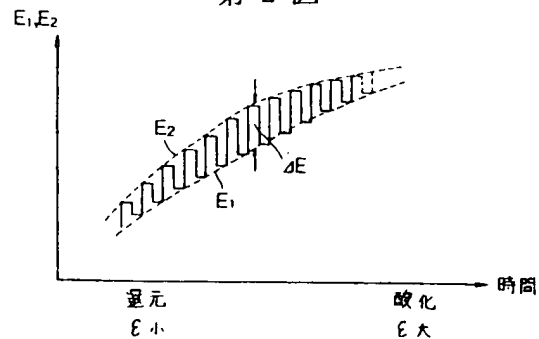
図面で10は加熱鉛板、12は放射計、14は反射鏡、16は放射エネルギー開閉部材、24は熱電対である。

出願人 新日本製鉛株式会社  
代理人弁理士 守 柳 稔

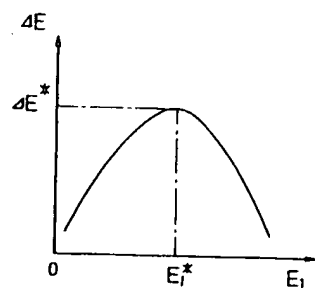
第1図



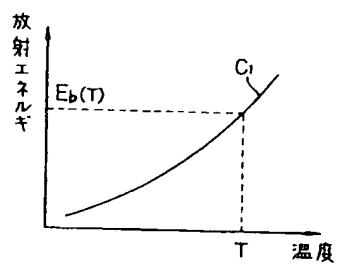
第2図



第 3 図



第 4 図



第 5 図

